

砂の種類や供試体作製方法の違いが動的変形特性に与える影響

港湾空港技術研究所 正会員 大矢陽介
応用地質(株) 正会員 持田文弘, ○川原孝洋, 野坂知正

1. はじめに

研究や実務において土の動的変形特性を取得する場合、攪乱試料を用いることが多い。しかし、土の力学特性は粒子形状や供試体の作製方法などの影響を受けるため、それらが試験結果に対してどのように影響するかを把握しておくことが重要である。本報告では、粒子形状が異なる3種類の砂に対して、静的締固め法と空中落下法で作製した供試体を用いて実施した繰返し三軸試験（以下、動的変形試験と呼ぶ）結果をもとに、粒子形状や供試体作製方法の違いが動的変形特性に与える影響について述べる。

2. 試料の物理特性

試料は、岐阜珪砂6号（以下、岐阜6号と呼ぶ）、飯豊珪砂6号（以下、飯豊6号と呼ぶ）、豊浦砂の3種類である。各試料の粒度分布を図-1に示し、土粒子の顕微鏡写真を写真-1に示す。図-1には、土粒子の密度 ρ_s 、最小密度 ρ_{dmin} 、最大密度 ρ_{dmax} 、相対密度 $D_r=50\%$ 時の乾燥密度 ρ_d を併記した。岐阜6号と飯豊6号はほぼ等しい粒度分布を示すが、豊浦砂はこれらよりも若干細粒である。粒子形状は、岐阜6号は角張っており、飯豊6号は丸みを帯びている。豊浦砂は、角張った粒子と丸みを帯びた粒子が混在する。岐阜6号と飯豊6号は、粒度分布や ρ_s に大差ないが、 ρ_{dmin} 、 ρ_{dmax} は岐阜6号の方が小さい。これは、岐阜6号の粒子が角張っているため締まりにくいと推察される。なお、豊浦砂の ρ_{dmin} 、 ρ_{dmax} は、岐阜6号と飯豊6号の中間に位置する。

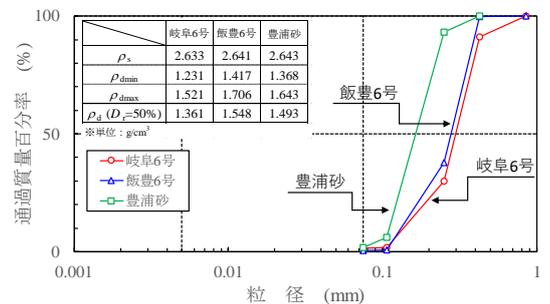


図-1 試料の粒度分布

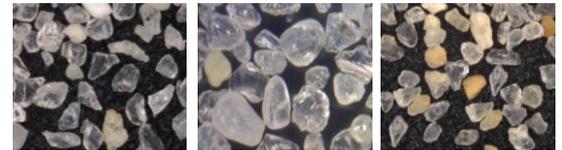


写真-1 試料の顕微鏡写真

3. 試験方法

動的変形試験に用いた供試体（ $\phi 50\text{mm} \times h 100\text{mm}$ ）は、相対密度 $D_r=50\%$ に統一し、静的締固め法と空中落下法によって作製した。空中落下法は、乾燥砂を所定の高さから自由落下させて行う方法である。一方、静的締固め法は、締固め容器に所定量の試料を全量投入し、容器側面を木槌で打撃しながら上・下方向から静的に加圧して締固めを行う方法であるが、今回は供試体の密度分布が均質になるように締固めの前に棒突きを行った。締固めによる供試体の作製は、ランマー打撃を与えながら複数層で仕上げる方法が一般的である。しかし、この方法では層境界面が発生し、動的変形試験のように圧縮と伸張を伴う試験にはその影響が懸念される。そのため、本検討では層境界面のない均質な供試体を作製できる静的締固め法を採用した。静的締固めに用いた試料の含水比は全て5.0%とした。動的変形試験は、供試体を飽和化（ $B \geq 0.95$ ）後、圧密応力 $\sigma_c=100\text{kN/m}^2$ で等方圧密を行い、応力振幅一定の応力制御、各ステージ間で排水、載荷周波数 $f=0.1\text{Hz}$ の条件で行った。

4. 試験結果

静的締固め法と空中落下法によるせん断弾性係数 G 、履歴減衰率 h とせん断ひずみ γ の関係を図-2に示す。同図には初期せん断弾性係数 G_0 も併記した。また、各ステージにおける G と h は10サイクル目のループから求めているが、10サイクルに至る過程で液状化してしまうステージでは、少ないサイクル数のループを用いて求め、破線で区別した。静的締固め法で得られた G 、 $h \sim \gamma$ 関係をみると、 G_0 は飯豊6号、豊浦砂、岐阜6号の順に小さな値を示すが、 $h \sim \gamma$ 関係には試料による違いはみられない。各試料の G_0 の違いは、図-1に示

キーワード 砂質土、動的変形特性、粒子形状、供試体作製方法、顕微鏡写真

連絡先 〒331-0812 埼玉県さいたま市北区宮原町 1-66-2 応用地質(株)コアラボ試験センター TEL 048-663-8611

すように、同じ D_r であっても乾燥密度 ρ_d が異なるためと推察される。一方、空中落下法でも静的締固め法と同様な傾向がみられたが、静的締固め法が $\gamma=0.5\%$ 程度の大きなひずみ領域から徐々に液状化が進行するのに対して、空中落下法は $\gamma=0.04\%$ 程度の小さなひずみ領域において急激に液状化が進行する傾向を示す。なお、各試料の G_0 には供試体作製方

法の違いによる影響はみられなかった。静的締固め法と空中落下法による $G/G_0 \sim \gamma$ 関係を図-3 に示す。静的締固め法の G/G_0 ($\gamma \leq 0.3\%$) は、試料による違いはみられないが、空中落下法の G/G_0 ($\gamma \leq 0.1\%$) は、飯豊6号が他よりも下方に位置する。静的締固め法と空中落下法による $G/G_0, h \sim \gamma$ の関係を試料別に整理して図-4 に示す。各試料共に、空中落下法の方が G/G_0 が小さく、 h が大きい傾向を示し、ひずみ依存性が顕著であった。

静的締固め法による土構造はランダムな配列を有し、粒子同士の噛み合いが強い。一方、空中落下法による土構造は、土粒子の長軸方向が重力方向と直交する方向に配向が卓越する構造異方性を有し、粒子同士の噛み合いが弱く、負のダイレイタンスが発生しやすい。そのため、空中落下法のひずみ依存性がより顕著であったと推察される。また、粒子の噛み合いが強い静的締固め法は粒子形状の影響を受けにくい、粒子の噛み合いが弱い空中落下法では、丸みを帯びた粒子のひずみ依存性がより顕著に現れたと推察される。

5. おわりに

粒子形状が異なる3種類の砂の動的変形特性に及ぼす粒子形状と供試体作製方法（静的締固め法、空中落下法）の影響について検討した。その結果、 $D_r=50\%$ では、1)空中落下法の方が、ひずみ依存性がより顕著に現れること、2)丸みを帯びた粒子の方がひずみ依存性が顕著であることがわかった。今後は、砂の種類や密度・含水比条件を増やしてデータを蓄積し、空中落下法や静的締固め法の適用性を検討していきたい。

《参考文献》

- 1) 地盤工学会編：地盤材料試験の方法と解説，pp.1～23，2009。

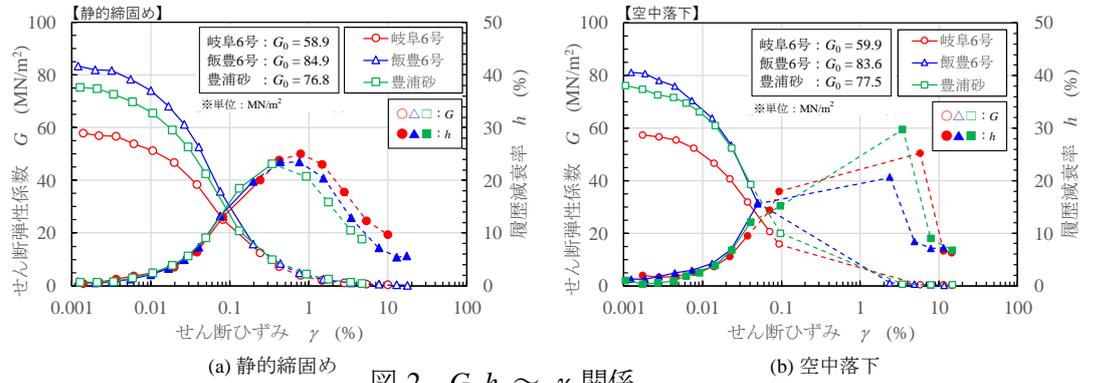


図-2 $G, h \sim \gamma$ 関係

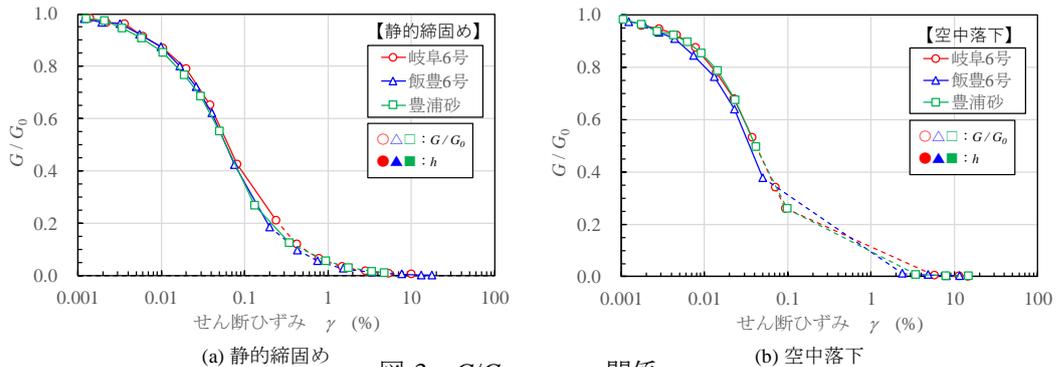
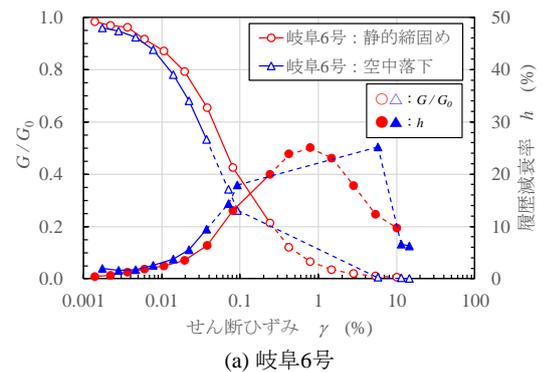
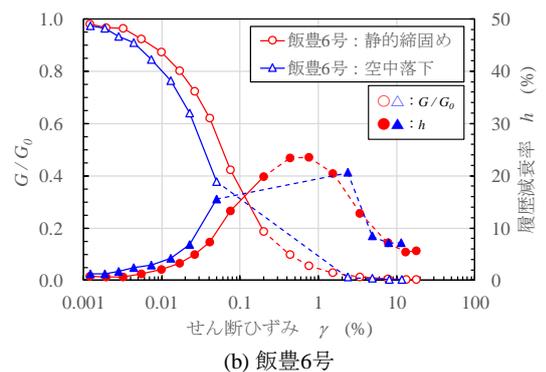


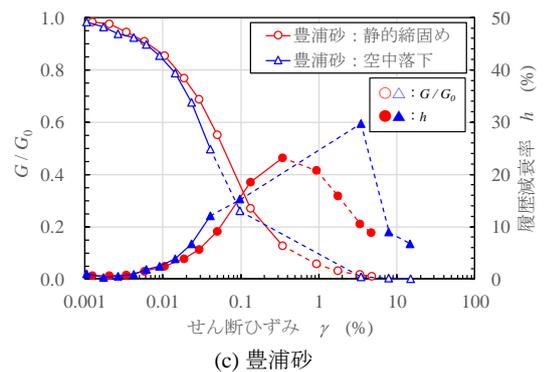
図-3 $G/G_0 \sim \gamma$ 関係



(a) 岐阜6号



(b) 飯豊6号



(c) 豊浦砂

図-4 $G/G_0, h \sim \gamma$ 関係